

**referentienummer** 01  
**datum** 3 mei 2023  
**aan** T. Janse, Antea Group  
**Avan** J. Hamstra, Antea Group  
**kopie** V. Huizer, Antea Group  
**projectnummer** 0465957.113  
**project** Pampus akoestisch onderzoek  
**betreft** Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus

## Context van deze memo

In opdracht van Stichting Forteiland Pampus is door Antea Group een akoestisch onderzoek uitgevoerd voor twee windturbines van het type BW10 op het Forteiland Pampus. Het verloop van het onderzoek, de resultaten en hieruit te trekken conclusies zijn beschreven in onderliggende memo.

## Aanleiding en doel

Stichting Forteiland Pampus is voornemens twee kleine windturbines op het eiland te realiseren. Voor de melding ingevolge het Activiteitenbesluit is een akoestisch onderzoek benodigd waarmee wordt aangetoond dat aan de grenswaarden ingevolge het Activiteitenbesluit milieubeheer wordt voldaan.

## Wettelijk kader

Voor windturbines zijn ingevolge het Activiteitenbesluit geluidgrenswaarden van kracht. Ingevolge artikel 1.1 van het Activiteitenbesluit is de definitie van een windturbine: 'een apparaat voor het opwekken van elektrisch of thermisch vermogen uit wind'. Hieruit volgt dat voorgenomen kleine windturbine valt onder het regime van het Activiteitenbesluit milieubeheer. Doel van het onderzoek is, om op basis van beschikbare gegevens ten aanzien van de geluidemissie van de beoogde windturbine en overdrachtsberekeningen overeenkomstig het Reken- en meetvoorschrift windturbines, te bepalen in hoeverre het voldoende aannemelijk is dat aan de grenswaarden ingevolge het Activiteitenbesluit milieubeheer wordt voldaan.

De volgende geluidgrenswaarden zijn van kracht:

### *Artikel 3.14a Activiteitenbesluit milieubeheer*

1. Een windturbine of een combinatie van windturbines voldoet ten behoeve van het voorkomen of beperken van geluidhinder aan de norm van ten hoogste 47 dB  $L_{den}$  en aan de norm van ten hoogste 41 dB  $L_{night}$  op de gevel van gevoelige gebouwen, tenzij deze zijn gelegen op een gezondeerd industrieterrein, en bij gevoelige terreinen op de grens van het terrein.
2. Onverminderd het eerste lid kan het bevoegd gezag bij maatwerkvoorschrift teneinde rekening te houden met cumulatie van geluid als gevolg van een andere windturbine of een andere combinatie van windturbines, normen met een lagere waarde vaststellen ten aanzien van de windturbines of een combinatie van windturbines.
3. In afwijking van het eerste lid kan het bevoegd gezag bij maatwerkvoorschrift in verband met bijzondere lokale omstandigheden normen met een andere waarde vaststellen.

## Uitgangspunten

### Beoogde windturbine

Stichting Forteiland Pampus wil twee windturbines van het type Bestwind 10 (BW10) op het terrein plaatsen. De windturbine hebben een ashoogte van 15 m. Voor de situering van de windturbines op het terrein is de locatieaanduiding op de door de opdrachtgevers aangeleverde plattegrond als uitgangspunt gehanteerd (bijlage 1.1).

### Geluidemissie

Voor de berekeningen zijn de akoestische gegevens van het rapport "Geluidmetingen aan de windturbine, Type Bestwind 10 van BestWatt B.V." (projectnr. 0437717.101, definitief revisie 01, d.d. 3 mei 2021) gehanteerd. De gemeten windturbine komt overeen met het type windturbine dat hier beoogd wordt voor beide locaties. De geluidniveaus zijn vastgesteld op basis van geluidmetingen overeenkomstig het Reken- en meetvoorschrift windturbines, bijlage 4 bij de Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer. Zie bijlage 1.2 voor de akoestische gegevens.

Voor wat betreft de spectrale verdeling van het geluid over de octaafbanden is uitgegaan van het spectrum dat hoort bij de voor de jaargemiddelde geluidemissie maatgevende windsnelheid op de locatie, in dit geval 7 m/s voor beide locaties. Zie bijlage 1.3 voor de uitwerking hiervan.

### Geluidberekeningen

De geluidniveaus  $L_{den}$  en  $L_{night}$  zijn, voor de (woon)omgeving, berekend overeenkomstig het Reken- en meetvoorschrift windturbines (bijlage 4 Algemene regels voor inrichtingen milieubeheer). Hiertoe is gebruik gemaakt van het computerprogramma Geomilieu 2022.4, module IL-WT.

Voor de berekeningen zijn de volgende gegevens ingevoerd:

- de brongegevens van de windturbine (bronsterkte, locatie, de hoogte en eventuele richtingsafhankelijkheid);
- de afschermdende of reflecterende objecten (locatie en hoogte);
- de bodemgesteldheid (harde of zachte bodem);
- de locatie van de berekeningspunten.

De berekende geluidniveaus zijn in beeld gebracht in de vorm van contouren ( $L_{den}$  47 dB en  $L_{night}$  41 dB) en op berekeningspunt op de gevel van de woning op het eiland. Uit informatie van de opdrachtgever blijkt dat de woning op het eiland geen geluidgevoelig object is, omdat dit bij de inrichting hoort. Het Forteiland ligt geïsoleerd in het IJ-meer. De dichtstbijzijnde (geprojecteerde) (geluid)gevoelige functies bevinden zich op ca 2300 meter van het eiland, ingevolge het bestemmingsplan "IJburg 2<sup>e</sup> fase – Strandeiland", vastgesteld op 11 november 2021.

Voor de berekeningen is een beoordelingshoogte van 1,5 en 5 m ten opzichte van het plaatselijke maaiveld gehanteerd.

Voor een overzicht van alle invoergegevens wordt verwezen naar bijlage 2.

## Resultaten

De berekende geluidniveaus zijn in de vorm van contouren en op berekeningspunten op de gevels van de woningen weergegeven in bijlage 3.1, 3.2 (contour  $L_{den}$ ) en bijlage 3.3 (contour  $L_{night}$ ).

In onderstaande tabellen zijn de resultaten samengevat.

Tabel 1: Maatgevende geluidbelasting  $L_{den}$  op nabijgelegen woningen

Adres	Maatgevende geluidbelasting [dB]
001: Forteiland Pampus 1, Muiden*	45
002: IJburg 2e fase Strandeiland – geprojecteerde woningen	9

\* Bedrijfswoning van de participant, geen geluidgevoelige bestemming

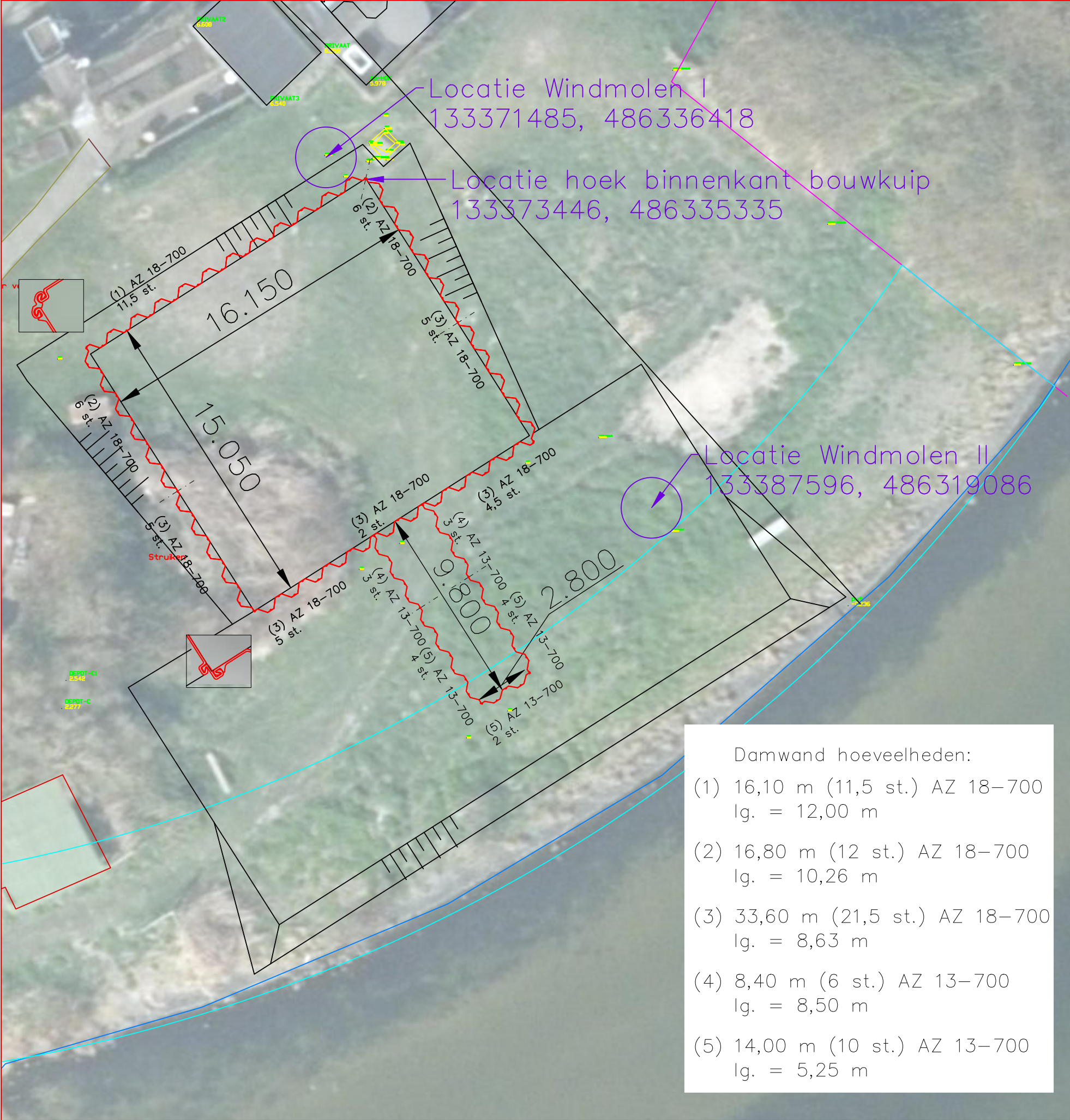
Tabel 2: Maatgevende geluidbelasting  $L_{night}$  op nabijgelegen woningen

Adres	Maatgevende geluidbelasting [dB]
001: Forteiland Pampus 1, Muiden*	39
002: IJburg 2e fase Strandeiland – geprojecteerde woningen	3

\* Bedrijfswoning van de participant, geen geluidgevoelige bestemming

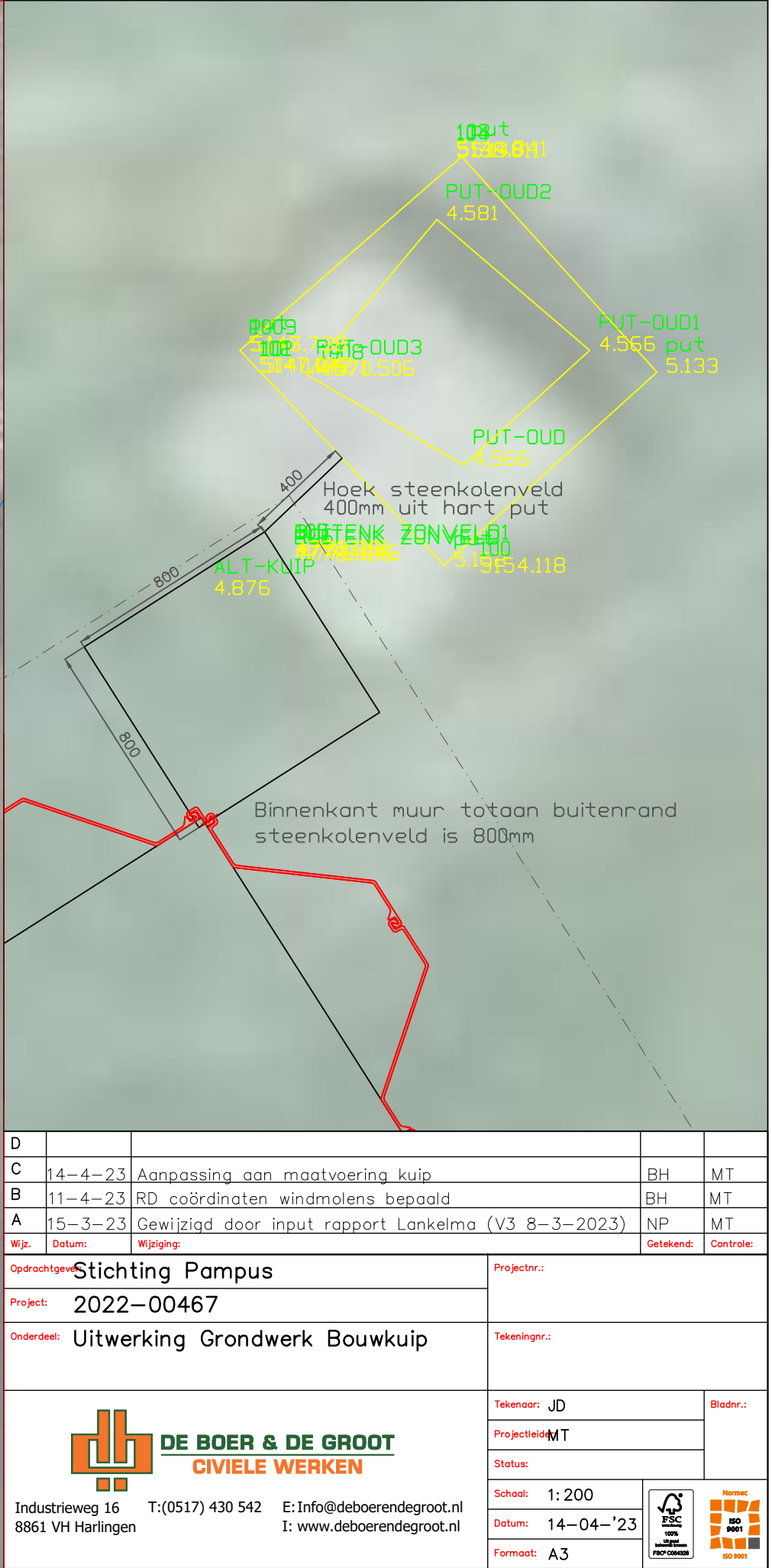
### Conclusie

Uit de onderzoeksresultaten volgt dat voorgenomen windturbines (2x BW10), resulteert in een geluidbelasting op (geprojecteerde) woningen van derden die ruim (38 dB) onder de grenswaarde ingevolge het Activiteitenbesluit ligt. Het is daarmee voldoende aannemelijk dat aan de grenswaarden ingevolge het Activiteitenbesluit milieubeheer zal worden voldaan.

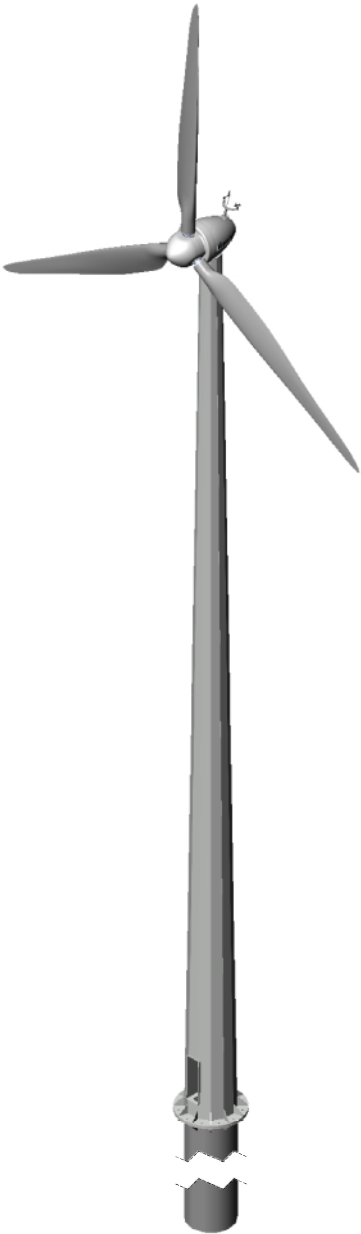
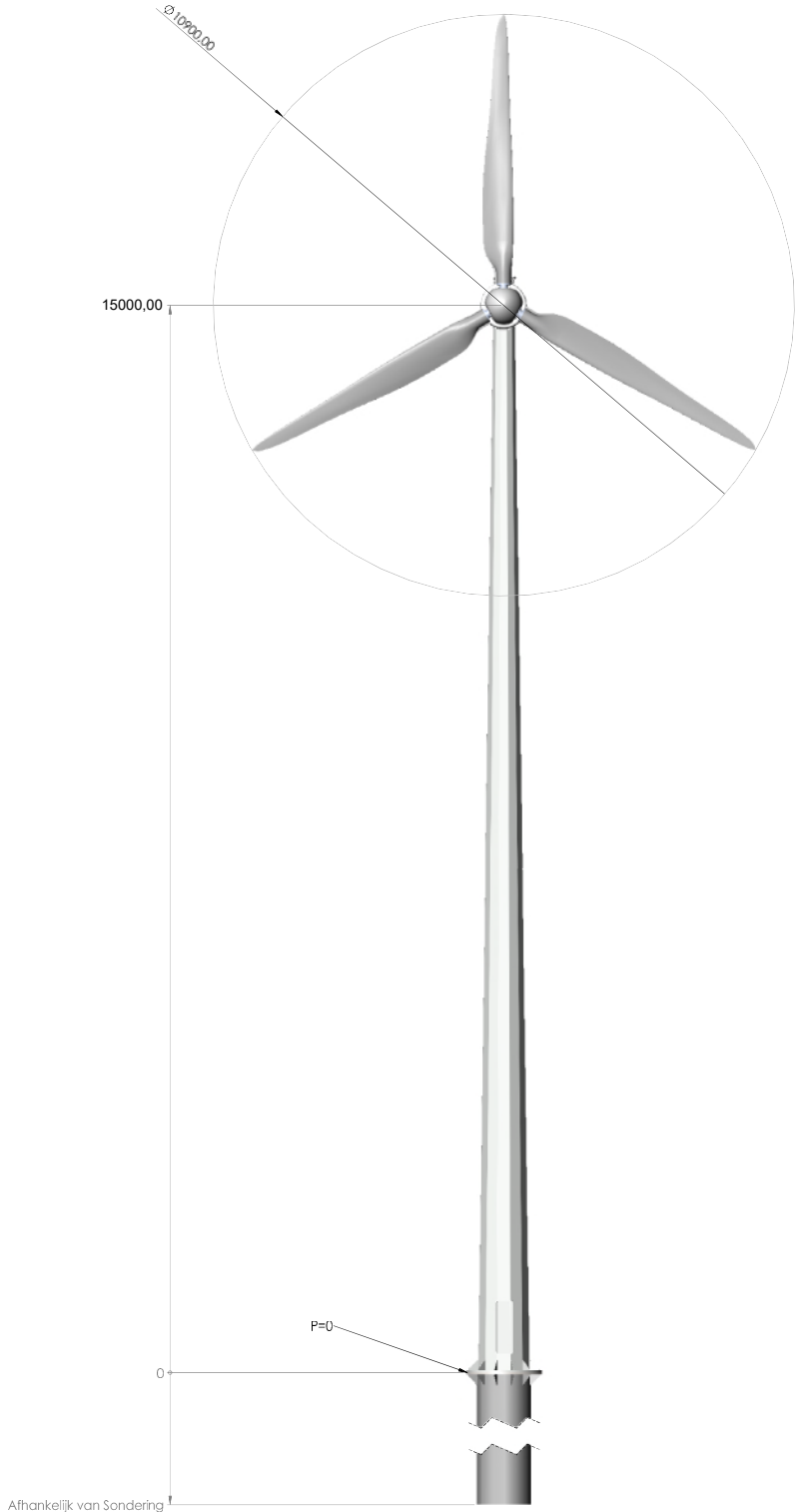


Damwand hoeveelheden:

(1)	16,10 m (11,5 st.) AZ 18-700	lg. = 12,00 m
(2)	16,80 m (12 st.) AZ 18-700	lg. = 10,26 m
(3)	33,60 m (21,5 st.) AZ 18-700	lg. = 8,63 m
(4)	8,40 m (6 st.) AZ 13-700	lg. = 8,50 m
(5)	14,00 m (10 st.) AZ 13-700	lg. = 5,25 m

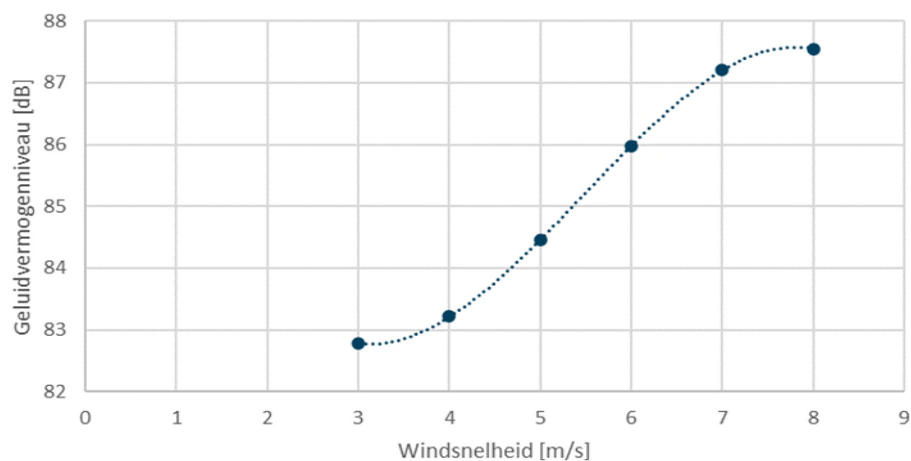






UNITS DRAWING SPECIES: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCE: ANGLE:				INSTR:	in overleg		DESIGN AND DRAWN AND CHECKED	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	1
DRAWN				NAME	SIGNATURE	DATE		REV:		
CHKD				NAME	SIGNATURE	DATE		BESTwind 15mtr Rotor		
APPROV				NAME	SIGNATURE	DATE		$\varnothing 10900$ Buisfundering		
MFG				NAME	SIGNATURE	DATE		DWG NO:		
G.A.				NAME	SIGNATURE	DATE		2019100201		
				NAME	SIGNATURE	DATE		SCALE: 1:100		
				NAME	SIGNATURE	DATE		SHEET 1 OF 1		

Geluidvermogeniveau per windsnelheid



## Geluidmetingen aan de wind- turbine

Type Bestwind 10 van BestWatt B.V.

projectnummer 0437717.101  
definitief revisie 01  
3 mei 2021

# Geluidmetingen aan de windturbine

Type Bestwind 10 van BestWatt B.V.

projectnummer 0437717.101

definitief revisie 01  
3 mei 2021

## Opdrachtgever

Van Westreenen B.V.  
Anthonie Fokkerstraat 1a  
3772 MP BARNEVELD

## Projectgroep bestaande uit

D. Henninger  
R. Pellegrum  
V. Huizer  
J. Eskens

datum vrijgave	beschrijving revisie 01	gecontroleerd	vrijgave
	definitief	R.J.M. Pellegrum	J.L.M. Eskens

# Inhoudsopgave

Blz.

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Methode</b>	<b>2</b>
2.1	Meetopstelling en procedure	2
2.2	Metingen stoorgeluid	4
2.3	Analyse	4
2.3.1	Stoorgeluidcorrectie	4
2.3.2	Bepaling windsnelheidsafhankelijk geluidvermogen	5
2.3.3	Geluidvermogen bij windsnelheden hoger dan Vrated	5
<b>3</b>	<b>Metingen en uitgangspunten</b>	<b>7</b>
3.1	Specificaties windturbine en meetlocatie	7
3.2	Gebruikte meetapparatuur	8
3.3	Metingen en meetcondities	8
<b>4</b>	<b>Resultaten</b>	<b>9</b>
4.1	Analyse van de metingen	9
4.1.1	Bepaling van de gemiddelde windsnelheden op ashoogte	9
4.1.2	Stoorgeluidcorrectie	9
4.2	Geluidvermogenniveaus	10
<b>5</b>	<b>Samenvatting en conclusies</b>	<b>11</b>

**Bijlage 1 Tekeningen windturbine Bestwind 10**

**Bijlage 2 Vermogenscurve Bestwind 10**

**Bijlage 3 Uitwerking naar geluidvermogenniveaus**

**Bijlage 4 Jaargemiddelde winddistributie meetlocatie**

1. Tekeningen windturbine Bestwind 10
2. Vermogenscurve Bestwind 10
3. Uitwerking naar geluidvermogenniveaus
4. Jaargemiddelde winddistributie meetlocatie



# 1 Inleiding

Deze rapportage beschrijft de geluidmetingen en -analyses ter bepaling van het geluidvermogen-niveau van een mini-windturbine van het type Bestwind 10, fabricaat BestWatt.

Alle geluidmetingen en -analyses zijn verricht conform het Nederlandse Reken- en meetvoorschrift windturbines (hierna: voorschrift). Dit voorschrift is opgenomen in bijlage IV van de Activiteitenregeling milieubeheer.

Het in hoofdstuk 4 en bijlage 2 gepresenteerde (windsnelheidsafhankelijke) geluidvermogen-niveau is te gebruiken bij de uitvoering van akoestische onderzoeken ter prognosticering van de geluidbelasting van geluidgevoelige gebouwen in de omgeving van een dergelijke windturbine.

Uit de metingen en analyses is gebleken dat het geluidvermogen-niveau varieert van 83 dB(A) bij een windsnelheid van 3 m/s tot 88 dB(A) bij een windsnelheid van 8 m/s of meer. Bij een windsnelheid van 8 m/s wordt het nominale vermogen (10 kW) geleverd.

**Afbeelding 1: globale meetopstelling (exacte omstandigheden niet representatief voor daadwerkelijk uitgevoerde geluidmetingen)**

In bijlage 1 is een verbeelding weergegeven van dit type windturbine.



## Leeswijzer:

In hoofdstuk 2 is de meetmethode uitgelegd. Vervolgens is in hoofdstuk 3 informatie over de metingen nader toegelicht, inclusief een verantwoording van de gebruikte meetapparatuur. In hoofdstuk 4 zijn de meetresultaten beschreven. In hoofdstuk 5 is een samenvatting opgenomen.

## 2 Methode

Het Reken- en meetvoorschrift windturbines uit bijlage IV van de Activiteitenregeling voorziet in een emissiemeetmethode voor het geluid afkomstig van windturbines. Het voorschrift is geschikt voor metingen aan alle windturbines met een horizontale as. In dit hoofdstuk is de emissiemeetmethode van het voorschrift in hoofdlijnen toegelicht.

Het voorschrift is uitsluitend gericht op equivalente geluidniveaus. Volgens het voorschrift zijn piekgeluiden bij windturbines niet relevant. Het karakteristieke geluid van windturbines – en daarmee de mate van hinderlijkheid – is meegenomen bij de normstelling; derhalve biedt het voorschrift windturbines verder geen mogelijkheden om een toeslag toe te kennen voor tonaal of impulsachtig geluid.

### 2.1 Meetopstelling en procedure

De geluidemissie van windturbines is afhankelijk van de windsnelheid ter hoogte van de as van de rotor. Voor de exacte bepaling van de jaargemiddelde situatie is het daarom van belang om emissiegegevens te verwerven, behorende bij een groot aantal verschillende windsnelheden. Het doel van de meting(en) is het bepalen van het geluidvermogen per octaafband als functie van de windsnelheid op ashoogte. Het voorschrift stelt enkele eisen aan de duur en het aantal metingen:

- Bij de metingen worden de equivalente A-gewogen octaafbandspectra met middenfrequenties van 31,5 tot 8000 Hz vastgesteld over periodes met een duur van minimaal 1,0 minuut.
- De metingen dienen te worden uitgevoerd bij windsnelheden op ashoogte ( $V_H$ ) die variëren tussen de laagste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is (cut-in snelheid  $V_{ci}$ ) en 95% van de windsnelheid, waarbij de turbine juist het nominale vermogen levert ( $V_{rated}$ ).
- Bij iedere gehele waarde van de windsnelheid  $V_H$  (tussen  $V_{ci}$  en 95% van  $V_{rated}$ ) dienen binnen een marge van  $\pm 0,5$  m/s ten minste drie metingen te worden verricht.
- De totale meetset bedraagt ten minste 30 metingen van minimaal 1,0 minuut.

#### Meetopstelling

Het geluidniveau ten gevolge van de windturbine wordt in ieder geval op één verplichte positie (P1, referentiemeetpunt) bepaald. De afstand is circa:

$$2.1) R_0 = H + \frac{D}{2} \text{ [m]}$$

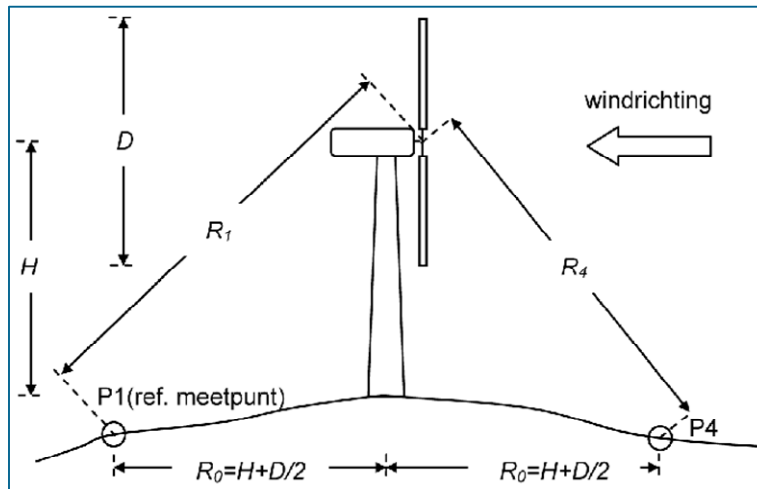
Waarbij:

$R_0$  = de horizontale afstand tussen het meetpunt en de verticale hartlijn van de turbinemast [m]

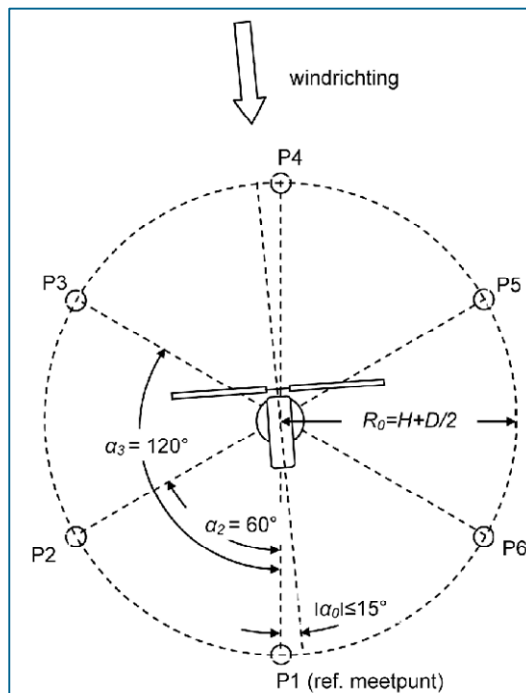
$H$  = verticale afstand tussen het maaiveld en de ashoogte [m]

$D$  = de diameter van de rotor [m]

Het verplichte referentiemeetpunt bevindt zich benedenwinds van de windturbine. De overige meetpunten P2 – P6 zijn optioneel. Verder mag de richting van de as P1 – P4 tot ongeveer 15° afwijken van de heersende windrichting. De opstelling is in onderstaande afbeeldingen schematisch weergegeven:



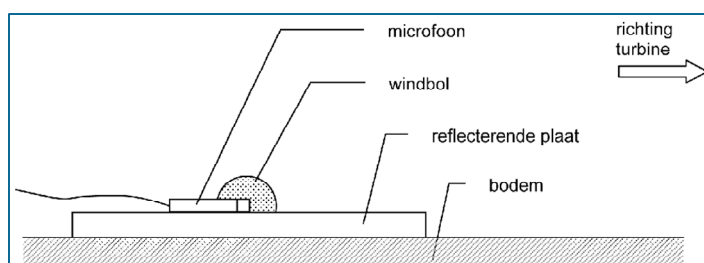
Afbeelding 2.1: schematische weergave meetpositie P1



De microfoon wordt op een reflecterende, ronde plaat (met een diameter van ten minste 1 m) bevestigd met de hartlijn van de microfoon gericht naar de windturbine. De reflecterende plaat dient ter voorkoming van verstoring met stromingsgeluid rond de microfoon en variërende bodemeffecten, zodat er bij elke frequentie sprake is van drukverdubbeling en 6 dB toename van het geluidsniveau.

Afbeelding 2.2: bovenaanzicht van de geluidmeetposities

Afbeelding 2.3: weergave van de meetopstelling



De windsnelheid op ashoogte wordt afgeleid van het opgewekte elektrisch vermogen en de vermogenscurve van de installatie. De vermogenscurve is de curve die het verband tussen het elektrisch vermogen en de windsnelheid op ashoogte bij standaard atmosferische omstandigheden weergeeft. De periodes waarover het gemiddelde vermogen wordt vastgesteld, hebben een duur van 1,0 minuut en vallen samen met die van de geluidmetingen.

## 2.2 Metingen stoorgeluid

De stoorgeluidcorrectie geschiedt op basis van metingen van het achtergrondgeluid bij uitgeschakelde windturbine. Tijdens de achtergrondmetingen dienen geluidmeetpositie, meetopstelling en omstandigheden overeen te komen met de situatie bij ingeschakelde turbine. Het bereik van de te bemeten windsnelheden moet overeenstemmen met de windtoestand op die hoogte bij ingeschakelde turbine.

Ter bepaling van de correctie voor stoorgeluid wordt de windsnelheid ( $V_A$ ) gemeten op een afstand van 2D bovenwinds van de turbine, zowel bij ingeschakelde als bij uitgeschakelde turbine. Hierbij wordt een hoogte aangehouden van 5 tot 10 m boven het plaatselijke maaiveld.

Periodes waarin sprake is van stoorgeluid met een discontinu karakter (zoals incidentele voertuigpassages, vogels, vliegtuigen) worden niet meegenomen in de analyse. De meting is dan gepauzeerd of is naderhand verwijderd uit de analyse. Wanneer er sprake is van stoorgeluid van continue aard (zoals windgeruis) wordt hiervoor gecorrigeerd.

## 2.3 Analyse

In het algemeen is de vermogenscurve genormeerd op standaard atmosferische omstandigheden (veelal  $p_{ref} = 101,3$  kPa en  $T_{ref} = 288$  K). Bij grote afwijkingen ten opzichte van de standaardcondities worden de met behulp van de vermogenscurve afgeleide windsnelheden gecorrigeerd voor heersende wind volgens formule 2.2:

$$2.2) V_H = V_D \left( \frac{p_{ref} T}{p T_{ref}} \right) \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Waarbij:

$V_H$  = gecorrigeerde windsnelheid op ashoogte [m/s]

$V_D$  = windsnelheid, afgeleid van de power curve [m/s]

$p_{ref}$  = referentie luchtdruk [kPa]

$T_{ref}$  = referentie luchttemperatuur [K]

$p$  = luchtdruk [kPa]

$T$  = luchttemperatuur [K]

### 2.3.1 Stoorgeluidcorrectie

Het niveau van het stoorgeluid  $L_{stoor}$  wordt berekend op basis van achtergrondmetingen op het betreffende geluidmeetpunt bij uitgeschakelde turbine. Hiertoe worden de geluidniveaus op P1 (of P1-P6) uitgezet tegen de windsnelheid. Vervolgens worden de coëfficiënten bepaald van het tweedegraads polynoom dat zo goed mogelijk aansluit bij de meetwaarden volgens formule 2.3:

$$2.3) L_{stoor}(V_A) = a_0 + a_1 V_A + a_2 V_A^2 \text{ [dB]}$$

Waarbij:

$V_A$  = windsnelheid op 5 tot 10 meter hoogte boven het maaiveld, gemeten op een afstand van 2D bovenwinds van de turbine [m/s]

De 1-minuutgemiddelde geluidniveaus, gemeten bij ingeschakelde turbine worden vervolgens gecorrigeerd voor stoorgeluid met formule 2.4:

$$2.4) L_{eq} = 10 \lg \left[ 10^{L_{eq}^*/10} - 10^{L_{stoer}/10} \right] [\text{dB}]$$

Waarbij:

$L_{eq}$  = geluidniveau ten gevolge van de turbine [dB]

$L_{eq}^*$  = geluidniveau ten gevolge van de windturbine inclusief stoorgeluid [dB]

$L_{stoer}$  = niveau van het stoorgeluid, berekend met de op dat moment heersende windsnelheid ( $V_A$ ) volgens formule 2.3 [dB]

Het stoorgeluidniveau  $L_{stoer}$  wordt beperkt tot een waarde die ten minste 3,0 dB onder het niveau bij ingeschakelde turbine ligt.

## 2.3.2 Bepaling windsnelheidsafhankelijk geluidvermogen

De op P1 gemeten octaafbandniveaus bij ingeschakelde turbine worden uitgezet tegen de windsnelheid op ashoogte. Vervolgens wordt per octaafband de best passende derdegraads polynoom berekend van de relatie tussen het geluidniveau in de betreffende octaafband en de gecorrigeerde windsnelheid op ashoogte  $V_H$  volgens formule 2.5:

$$2.5) L_{eq,i}(V_H) = b_{0,i} + b_{1,i}V_H + b_{2,i}V_H^2 + b_{3,i}V_H^3 [\text{dB}]$$

Waarbij:

$i = 1, 2, \dots, 9$  (31,5, 63...8000 Hz)

Hieruit worden vervolgens bij iedere gehele waarde van de windsnelheid in m/s op ashoogte in het bereik van  $V_{ci}$  tot en met  $V_{rated}$  de equivalente octaafbandniveaus  $L_{eq,i,j}$  berekend.

Het geluidvermogen per octaafband wordt vervolgens berekend met:

$$2.6) L_{W,i,j} = L_{eq,i,j} - 6 + 10 \lg(4\pi R_1^2) = L_{eq,i,j} + 5 + 20 \lg R_1$$

Waarbij:

$L_{W,i,j}$  = geluidvermogen per octaafband  $i$  en per windsnelheidsklasse  $j$  [dB]

$R_1$  = afstand tussen meetpunt P1 en het middelpunt van de rotor, zoals aangegeven in afbeelding 2.1 [m]

$j$  = integer, gelijk aan de windsnelheid in m/s vanaf  $V_{ci}$  tot en met  $V_{rated}$

6 = correctie voor drukverdubbeling als gevolg van meting op reflecterende plaat

## 2.3.3 Geluidvermogen bij windsnelheden hoger dan $V_{rated}$

Over geluidvermogenenniveaus bij windsnelheden hoger dan  $V_{rated}$  wordt het volgende gesteld:

“De vaststelling van de windsnelheid op ashoogte op basis van de vermogenscurve geeft betrouwbare resultaten tot aan de windsnelheid  $V_{rated}$  waarbij de turbine het nominale vermogen ( $P_{rated}$ ) levert. Als het windaanbod hoger is dan het nominale vermogen van de windturbine wordt de overtollige windenergie niet benut voor de opwekking van elektriciteit. De vermogenscurve-methode is daarom voor waarden boven  $P_{rated}$  niet direct bruikbaar en dientengevolge hoeven voor windsnelheden die uitstijgen boven  $V_{rated}$  geen metingen verricht te worden. Voor de berekening van het jaargemiddelde geluidsvermogen is de informatie bij hoge windsnelheden echter wel nodig.

Vrijwel alle moderne turbines beschikken over een zogenaamde *pitch* regeling. Hierbij wordt het aandrijfvermogen boven het nominale vermogen gereduceerd door verkleining van de invalshoek

van de rotorbladen. Bij dergelijke turbines is het geluidsvermogen boven  $P_{rated}$  nagenoeg onafhankelijk van de windsnelheid. Daarom wordt voor dergelijke windturbines uitgegaan van:

$$2.9) L_{W,i,j} = L_{W,i,V_{rated}} \text{ bij } V_{rated} < j < V_{co}$$

Hierbij stelt  $V_{co}$  de hoogste windsnelheid voor, waarbij de turbine in bedrijf is (*cut out* snelheid).

Bij een beperkte groep windturbines wordt het elektrisch vermogen boven  $P_{rated}$  passief gereduceerd, doordat de rotorbladen in overtrektoestand geraken (*stall* regeling). Bij *stall* geregelde turbines neemt de geluidsemissie boven  $P_{rated}$  in de regel sterk toe met de windsnelheid. Voor dit type windturbines mag worden uitgegaan van formule 2.9 als de windsnelheid op ashoogte niet meer dan 10% van de tijd hoger is dan  $V_{rated}$ . Indien niet aan deze voorwaarde wordt voldaan, dient een specialistische meet- of rekenmethode te worden gehanteerd ter bepaling van het geluidsvermogen in het betreffende windsnelheidsgebied.”



## 3 Metingen en uitgangspunten

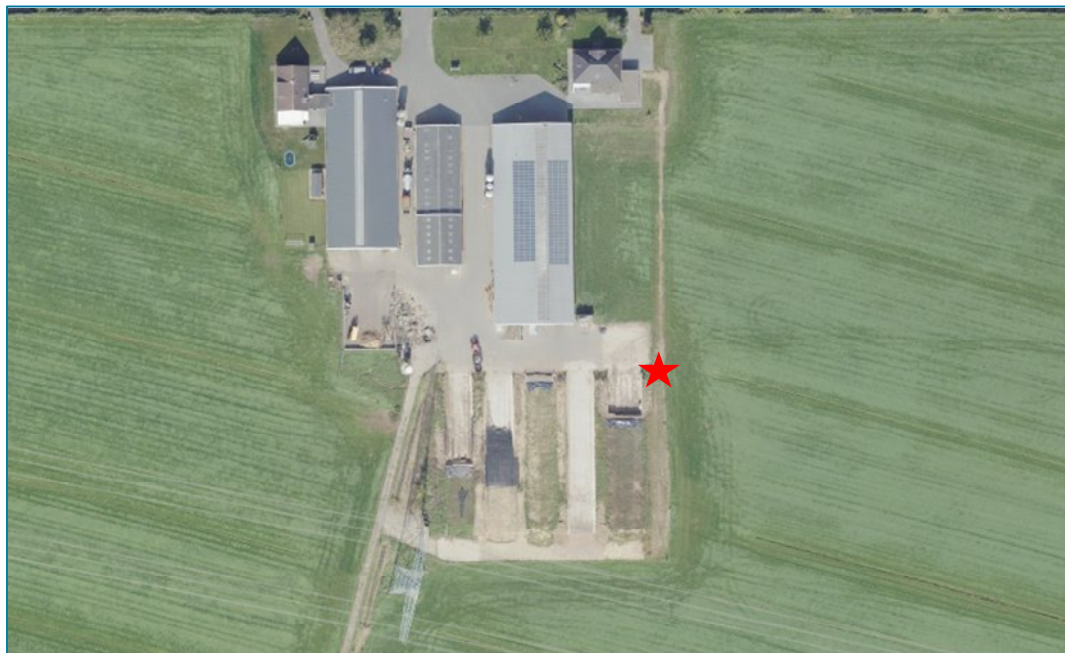
### 3.1 Specificaties windturbine en meetlocatie

De Bestwind 10 is een kleine windturbine van BestWatt met de volgende specificaties:

Tabel 3.1: Specificaties Bestwind 10

Specificatie	Waarde
Ashoogte [m]	20 m
Rotordiameter [m]	10,9 m
Maximaal vermogen [kW]	10 kW
$V_{rated}$ [m/s]	8 m/s
Cut-in windsnelheid $V_{ci}$ [m/s]	3 m/s
Cut-out windsnelheid $V_{co}$ [m/s]	25 m/s

De meetlocatie betreft een windturbine met een ashoogte van 20 m te Dalfsen. De situering van de windturbine en de omgeving zijn op onderstaande afbeelding globaal weergegeven.



Afbeelding 3.1: Situering van de windturbine (rode ster)

De windturbine is gepositioneerd in een agrarisch gebied op het terrein van een boerderij met overwegend omliggende weilanden. Ten noorden van de windturbine is een rustige weg gelegen met incidenteel verkeer. De horizontale afstand tussen het meetpunt en de verticale hartlijn van de turbinemast  $R_0$  dient te worden berekend volgens formule 2.1:

$$2.1) R_0 = H + \frac{D}{2} = 20,0 + \frac{10,9}{2} = 25,5 \text{ m}$$

Volgens de leverancier van de windturbine is geen sprake van een zogeheten *pitch* regeling, maar van een *stall* regeling. Volgens de jaargemiddelde winddistributie ter plaatse van de windturbine

in Dalfsen (bron: rekentool van M + P Raadgevende Ingenieurs B.V., <https://rekentool.mp.nl/> d.d. 29 april 2021), is geen sprake van windsnelheden op ashoogte die meer dan 10% van de tijd hoger zijn dan  $V_{rated}$  (zie bijlage 4). Derhalve geldt formule 2.9 van het voorschrift (zie paragraaf 2.3.3).

## 3.2 Gebruikte meetapparatuur

Bij de geluidmetingen is gebruik gemaakt van de in tabel 3.2 vermelde apparatuur.

Tabel 3.2: Meetapparatuur

Benaming	Specificatie	Fabrikant	Type
Microfoon	Prepolarized Free-field ½" microphone	Brüel & Kjær	4189
Akoestische kalibrator	-	Brüel & Kjær	4231
Geluidmeter	Hand-held Analyzer	Brüel & Kjær	2250-S
Weerstation	-	Thies Clima	Clima Sensor US (4.920x.x0.00x)

Conform het voorschrift is de microfoon op een ronde, reflecterende (betonplex) plaat geplaatst met een diameter van 1,0 m. Een halve akoestische windbol is gebruikt om het windgeruis te onderdrukken.

Voor en na de metingen is de apparatuur gekalibreerd met de akoestische kalibrator. Hierbij zijn geen significante afwijkingen geconstateerd. Een afbeelding van de meetopstelling is weergegeven in afbeelding 1.

## 3.3 Metingen en meetcondities

Tussen september 2020 en april 2021 zijn de lokale meteocondities gemonitord. Tijdens deze periode is een zevental dagen, tijdens verschillende meteorologische omstandigheden, gemeten. Uit de verzamelde data is de meest geschikte data geselecteerd (o.a. gelet op de heersende meteocondities, stoorgeluiden), zoals weergegeven in tabel 3.3.

Tabel 3.3: Geselecteerde metingen en meetcondities

Datum	Tijd	Gemiddelde temperatuur (°C)	Gemiddelde luchtdruk (kPa)	Windrichting (°)
20-01-21	12:40 – 14:05	10	99,3	225 (ZW)
21-01-21	10:30 – 14:00	8	98,8	255 (WZW)
12-04-21	12:25 – 17:00	7	99,0	270 (W)

Conform het voorschrift zijn incidentele stoorgeluiden gefilterd uit de resultaten. Voorbeelden van dergelijke geluiden zijn langsrijdende motorvoertuigen, vliegtuigen en loeiende koeien. Bij afwijkingen van meer dan 15° ten opzichte van de denkbeeldige horizontale as, is niet gemeten of de resultaten van die perioden zijn niet meegenomen in de analyse.

## 4 Resultaten

In dit hoofdstuk is de analyse van de geluidmetingen weergegeven en stapsgewijs toegelicht. Het hoofdstuk resulteert in een overzicht van de geluidvermogen niveaus per windsnelheid tussen  $V_{ci}$  en  $V_{rated}$ .

### 4.1 Analyse van de metingen

#### 4.1.1 Bepaling van de gemiddelde windsnelheden op ashoogte

De heersende windsnelheid  $V_H$  op ashoogte is afgeleid van de door de leverancier aangeleverde vermogenscurve. Deze vermogenscurve geeft de relatie weer tussen het geleverde vermogen en de windsnelheid op ashoogte. De aangeleverde vermogenscurve is in bijlage 2 weergegeven. Met door de leverancier aangeleverde loggegevens van de desbetreffende meetdagen, waarbij per seconde het opgewekte elektrische vermogen is weergegeven, zijn de 1-minuutgemiddelde vermogens berekend. Bij deze 1-minuutgemiddelde vermogens is, met behulp van de vermogenscurve, de (1-minuutgemiddelde) windsnelheid op ashoogte bepaald (op hele windsnelheden afgerond).

De gemeten geluiddruk niveaus zijn vervolgens gekoppeld aan de loggegevens met de windsnelheid op ashoogte. Zodoende is duidelijk welke gemiddelde windsnelheid op ashoogte heerste ten tijde van de geluidmetingen.

#### 4.1.2 Stoorgeluidcorrectie

Ten behoeve van de bepaling van het stoorgeluid zijn achtergrondmetingen uitgevoerd bij uitgeschakelde windturbine. De geluidniveaus zijn uitgezet tegen de windsnelheid ( $V_A$ ) gemeten met het weerstation op een afstand gelijk aan tweemaal de rotordiameter ( $10,9 \times 2 = 21,8$  m), bovenwinds van de windturbine. De meethoogte ligt, conform het voorschrift, tussen 5 en 10 m (6 m).

De gemeten geluiddruk niveaus zijn gekoppeld aan de loggegevens van het weerstation. Vervolgens is een overzicht gemaakt van valide 1-minuutgemiddelde metingen. Dat wil zeggen dat de duur van de metingen ten minste 1 minuut bedroeg en er geen sprake was van stoorgeluid.

Vervolgens zijn per octaafband de coëfficiënten bepaald van het tweedegraads polynoom volgens formule 2.3 van het voorschrift, gebaseerd op de 1-minuutgemiddelde metingen. Met de formules die hieruit volgen, is voor elke integer waarde van de windsnelheid tussen  $V_{ci}$  en  $V_{rated}$  (3 t/m 8) het geluiddruk niveau van het stoorgeluid bepaald per octaafband. Een overzicht hiervan is weergegeven in bijlage 3.

Tenslotte is de stoorgeluidcorrectie toegepast op de gemiddelde geluid(druk)niveaus volgens formule 2.4, per octaafband. Uit een vergelijking van de gemiddelde windsnelheden op ashoogte en de gemeten gemiddelde windsnelheden op lagere hoogte met het weerstation, bleek dat deze in dezelfde periode niet altijd gelijk aan elkaar zijn. Zodoende zijn de loggegevens van het weerstation tijdens de geluidmetingen met ingeschakelde windturbine gehanteerd om de juiste stoorgeluidcorrectie toe te passen. Ter illustratie een voorbeeld: de 1-minuutgemiddelde windsnelheid op ashoogte op een gegeven moment was 6 m/s. Tijdens diezelfde periode is een 1-minuutgemiddelde windsnelheid gemeten van 5 m/s door het weerstation op lagere hoogte. Derhalve is het stoorgeluid dat volgens de metingen en formules hoort bij een gemiddelde windsnelheid van

5 m/s toegepast voor die periode en dus niet 6 m/s. Een overzicht van de 1-minuutgemiddelde geluidrukniveaus gecorrigeerd voor het stoorgeluid is weergegeven in bijlage 3 (tweede pagina).

## 4.2 Geluidvermogen-niveaus

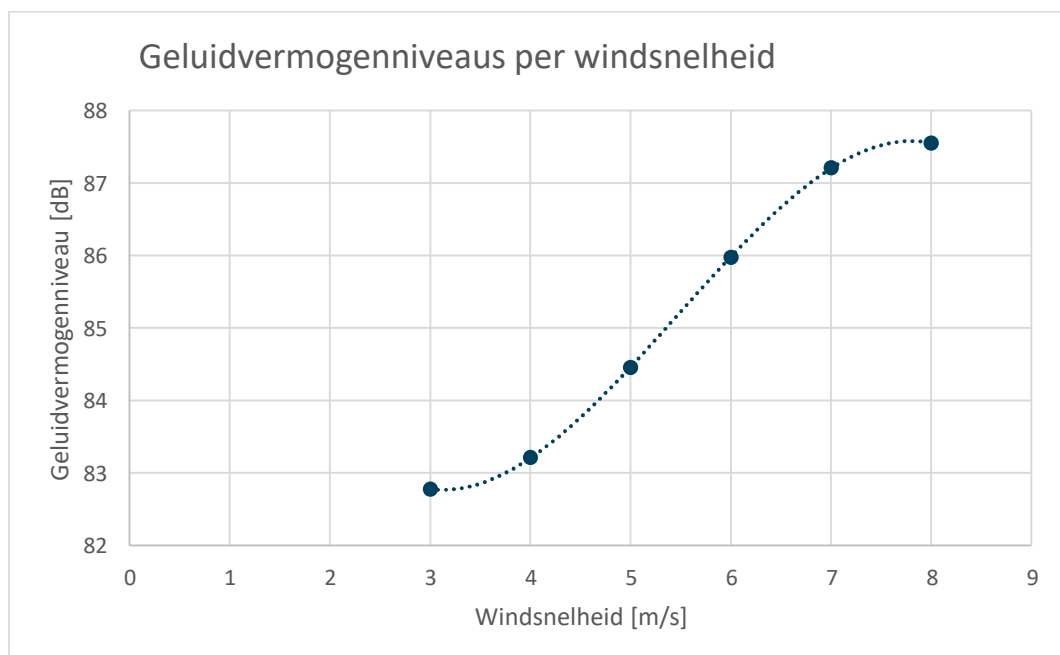
De 1-minuutgemiddelde geluidrukniveaus gecorrigeerd voor het stoorgeluid (per windsnelheid) zijn vervolgens uitgezet tegen de gemiddelde windsnelheid op ashoogte. Hierbij is er eveneens op gelet dat er daadwerkelijk ten minste 1 minuut ononderbroken werd gemeten.

Volgens formule 2.5 van het voorschrift zijn de best passende derdegraads polynomen berekend van de relatie tussen het geluidniveau per octaafband en de windsnelheid op ashoogte  $V_H$ . Met de formules die hieruit volgen, is voor elke hele windsnelheid tussen  $V_{ci}$  en  $V_{rated}$  (3 t/m 8) het geluidrukniveau per octaafband bepaald.

Tenslotte is het geluidvermogen-niveau per octaafband berekend met formule 2.6 van het voorschrift. Hierbij is gebruik gemaakt van de afstand  $R_1$  (zie afbeelding 2.1), welke kan worden berekend met de ashoogte van de windturbine (20 m) en de afstand  $R_0$  (25,5 m). Volgens de stelling van Pythagoras bedraagt afstand  $R_1$  32,4 m. Een overzicht van de geluidvermogen-niveaus per windsnelheid is weergegeven in tabel 4.1 en afbeelding 4.1. Voor een uitgebreid overzicht, zie bijlage 3.

Tabel 4.1: Geluidvermogen-niveaus per windsnelheid  $V_H$  [dB(A)]

$V_H$ [m/s]	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
3	49,60	59,44	65,97	72,96	76,24	78,35	74,62	73,73	62,15	82,78
4	51,49	60,15	66,98	74,02	76,90	78,62	75,09	73,55	61,59	83,21
5	53,48	62,48	69,37	75,90	78,25	79,44	76,36	74,64	63,54	84,46
6	55,53	65,21	72,05	77,95	79,77	80,45	77,89	76,24	66,54	85,98
7	57,60	67,10	73,94	79,52	80,98	81,26	79,13	77,56	69,10	87,21
8	59,65	66,91	73,95	79,96	81,38	81,52	79,53	77,83	69,75	87,55



Afbeelding 4.1: geluidvermogen-niveaus per windsnelheid

## 5 Samenvatting en conclusies

In deze rapportage zijn de geluidmetingen en -analyses beschreven, ter bepaling van het geluidvermoggenniveau van een windturbine van het type Bestwind 10, fabricaat BestWatt.

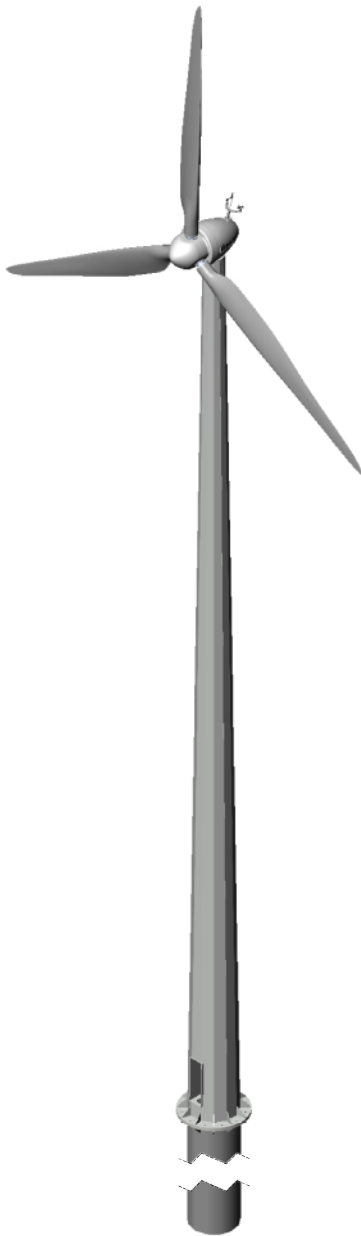
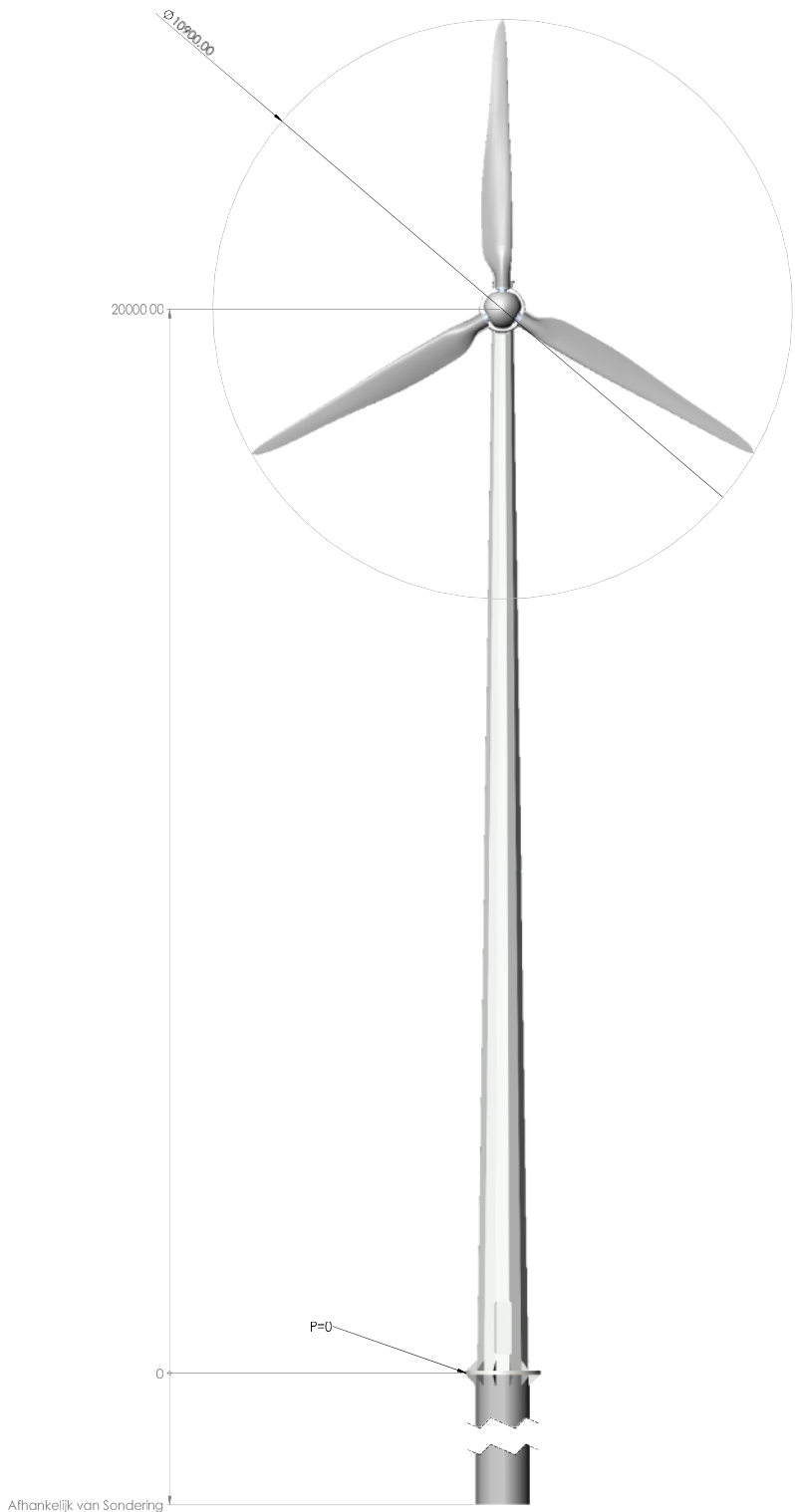
Uit de metingen en analyses is gebleken dat het geluidvermoggenniveau varieert van 83 dB(A) bij een windsnelheid van 3 m/s tot 88 dB(A) bij een windsnelheid van 8 m/s of meer. Bij een windsnelheid van 8 m/s wordt het nominale vermogen (10 kW) geleverd.

Het in hoofdstuk 4 en bijlage 2 gepresenteerde (windsnelheidsafhankelijke) geluidvermoggenniveau is te gebruiken bij de uitvoering van akoestische onderzoeken ter prognosticering van de geluidbelasting van geluidgevoelige gebouwen in de omgeving van een dergelijke windturbine.

**Bijlagen**



## **Bijlage 1 Tekeningen windturbine Bestwind 10**

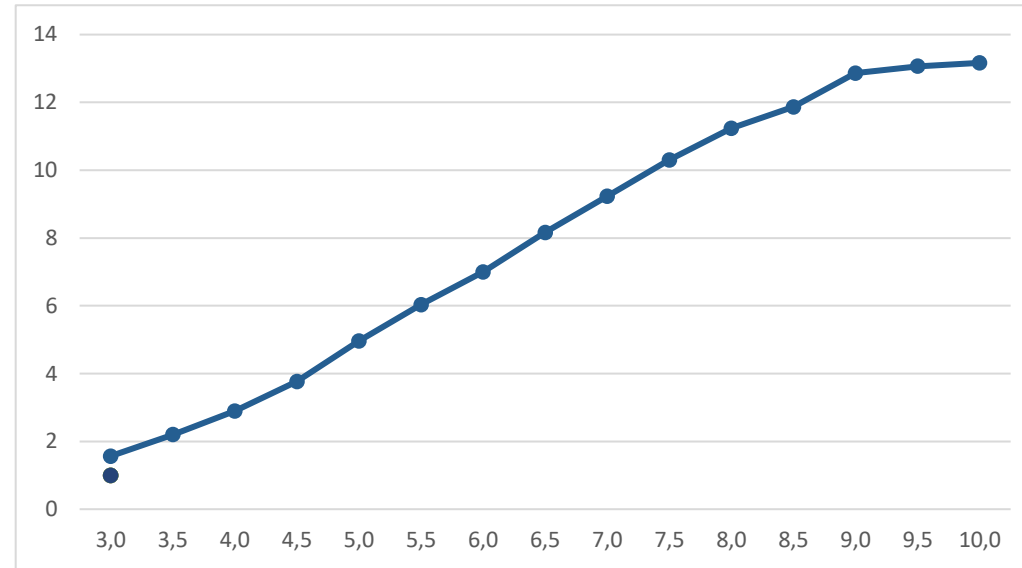


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: FRACTION ANGULAR				INCHES in overleg		DECIMAL AND FRACTION DECIMALS		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		1
								BESTwatt				
DRAWN				NAME		SIGNATURE		DATE		BY:		BESTwind 20mtr Rotor
CHK'D												Ø10900 Buisfundering
APP'D												
MFG												
G.A.												
				MATERIAL:		rvt		DWG NO:		2019100201		A0
				INSIDE:				SCALE:1:100		SHEET 1 OF 1		

## **Bijlage 2 Vermogenscurve Bestwind 10**

**Powercurve**

m/s	power	Sum of SampleCount
0,0	-	0
0,5	-	65355
1,0	-	47453
1,5	0,23	53327
2,0	0,67	42134
2,5	1,07	36928
3,0	1,57	27390
3,5	2,20	22958
4,0	2,90	16306
4,5	3,77	11228
5,0	4,97	7812
5,5	6,03	5398
6,0	7,00	3990
6,5	8,17	2964
7,0	9,23	3290
7,5	10,30	1677
8,0	11,23	1256
8,5	11,87	1004
9,0	12,87	705
9,5	13,07	548
10,0	13,17	477
10,5	13,43	343
11,0	12,73	238
11,5	12,57	118
12,0	12,37	100
12,5	11,17	65
13,0	10,23	31
13,5	10,50	26
14,0	10,50	12
14,5	5,53	15
15,0	2,67	3
15,5	-	0
16,0	2,00	1
16,5	2,77	3
17,0	-	0



## Bijlage 3 Uitwerking naar geluidvermoggenniveaus

Geluiddrukkniveaus stoorgeluid per windsnelheid per octaafband (berekend met de formules van de tweedegraads polynomen)

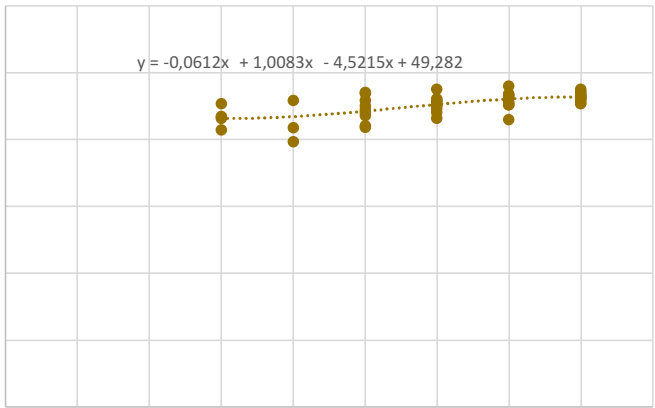
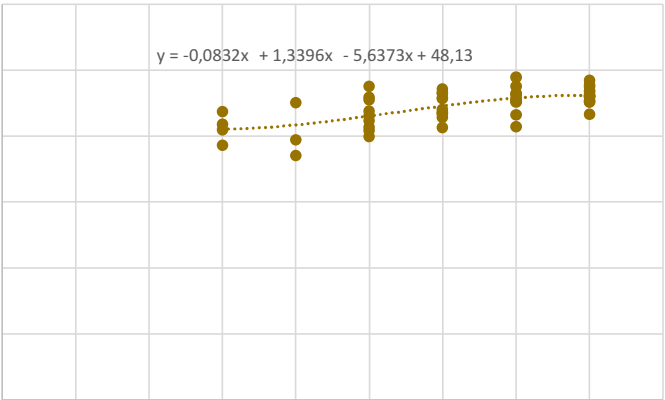
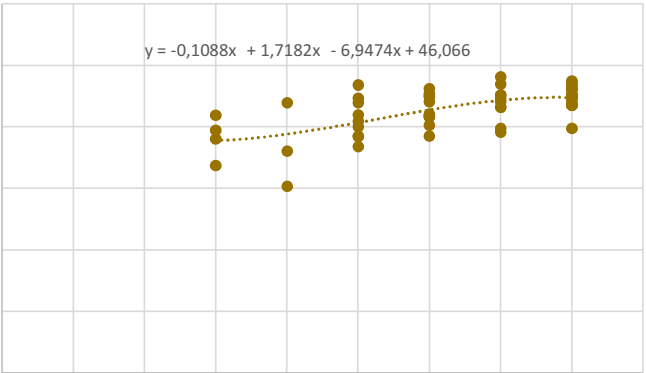
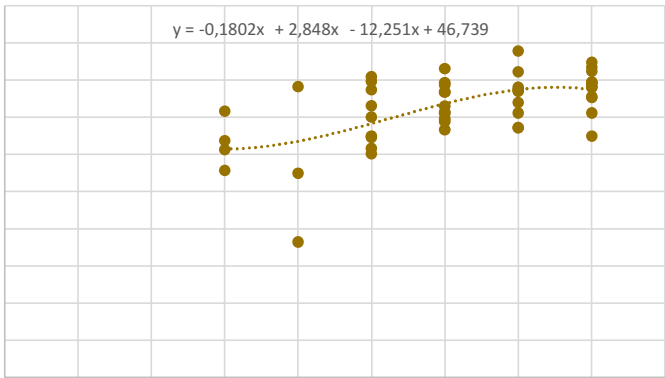
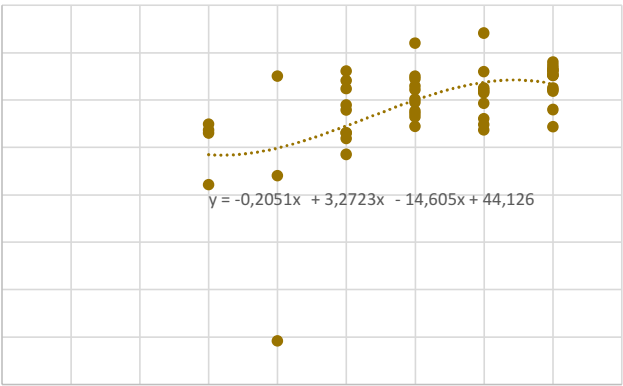
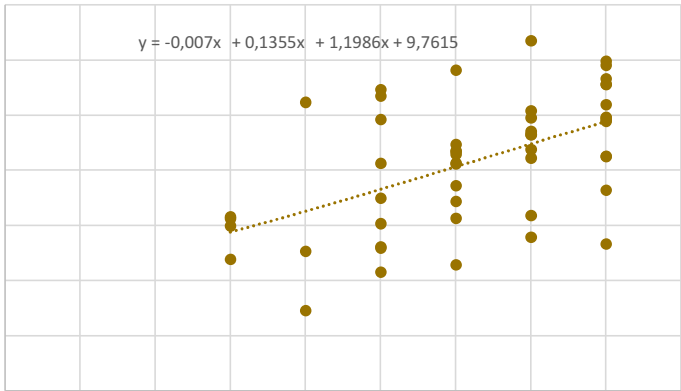
VA	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Lstoor totaal	Meetdag
5	21,86	29,33	32,63	34,96	36,70	35,57	30,16	26,99	19,51	42,01	20-jan-21
6	22,48	30,62	35,54	38,17	39,48	37,29	33,39	29,92	22,73	44,63	20-jan-21
7	28,33	34,47	39,50	41,66	42,51	40,85	37,87	33,74	23,59	48,18	21-jan-21
8	31,84	35,77	40,96	42,94	43,76	42,25	39,44	35,08	25,45	49,56	21-jan-21
3	14,46	23,59	28,45	31,89	30,92	29,34	27,39	27,96	21,55	37,72	12-apr-21
4	11,12	21,95	27,32	31,08	29,86	27,73	25,96	27,31	19,49	36,60	12-apr-21
5	10,01	21,43	26,82	30,85	29,66	27,35	25,80	27,16	18,36	36,32	12-apr-21
6	11,14	22,06	26,96	31,19	30,32	28,19	26,93	27,54	18,14	36,85	12-apr-21
7	14,50	23,82	27,72	32,12	31,83	30,27	29,33	28,42	18,84	38,26	12-apr-21

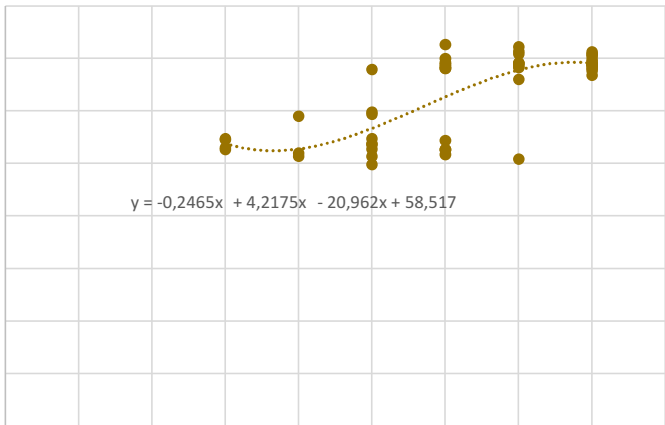
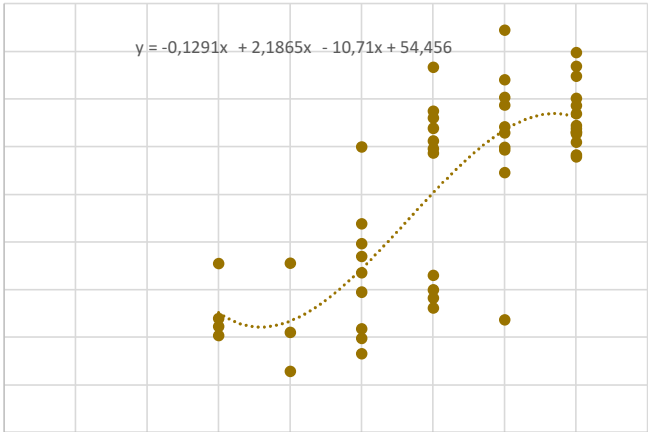
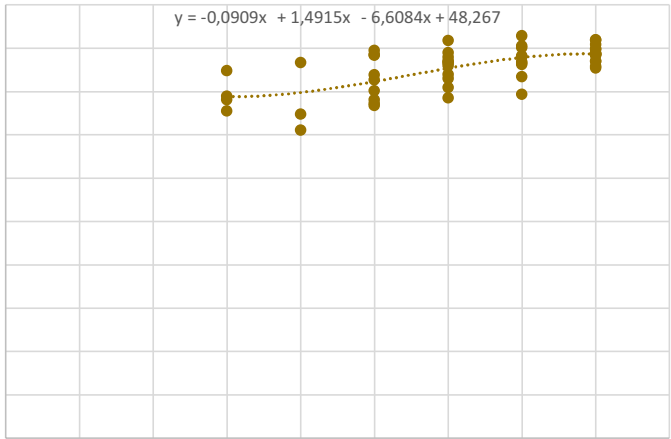


Gemiddelde geluidniveaus gecorrigeerd voor het stoorgeluid

Windsnelheid ashoogte (m/s)	Tijd	Meetdatum
		48,09 12-apr-21
		47,51 12-apr-21
		45,72 12-apr-21
		50,20 12-apr-21
		51,38 12-apr-21
		43,94 12-apr-21
		46,13 12-apr-21
		53,04 21-jan-21
		51,94 12-apr-21
		52,36 12-apr-21
		46,48 12-apr-21
		47,81 12-apr-21
		48,67 12-apr-21
		49,43 12-apr-21
		50,07 12-apr-21
		47,11 12-apr-21
		52,42 20-jan-21
		53,74 20-jan-21
		50,72 20-jan-21
		50,59 20-jan-21
		51,90 20-jan-21
		52,21 20-jan-21
		52,05 20-jan-21
		49,91 12-apr-21
		48,94 12-apr-21
		48,01 12-apr-21
		49,75 12-apr-21
		52,48 20-jan-21
		49,85 20-jan-21
		51,70 20-jan-21
		52,76 20-jan-21
		51,28 20-jan-21
		51,81 20-jan-21
		51,50 20-jan-21
		54,97 21-jan-21
		53,63 21-jan-21
		47,90 12-apr-21
		52,32 20-jan-21
		52,29 20-jan-21
		52,37 20-jan-21
		50,17 20-jan-21
		51,67 20-jan-21
		51,51 20-jan-21
		52,79 20-jan-21
		51,28 20-jan-21
		52,31 20-jan-21
		53,43 21-jan-21
		53,33 21-jan-21
		53,10 21-jan-21
		54,33 21-jan-21
		53,55 21-jan-21

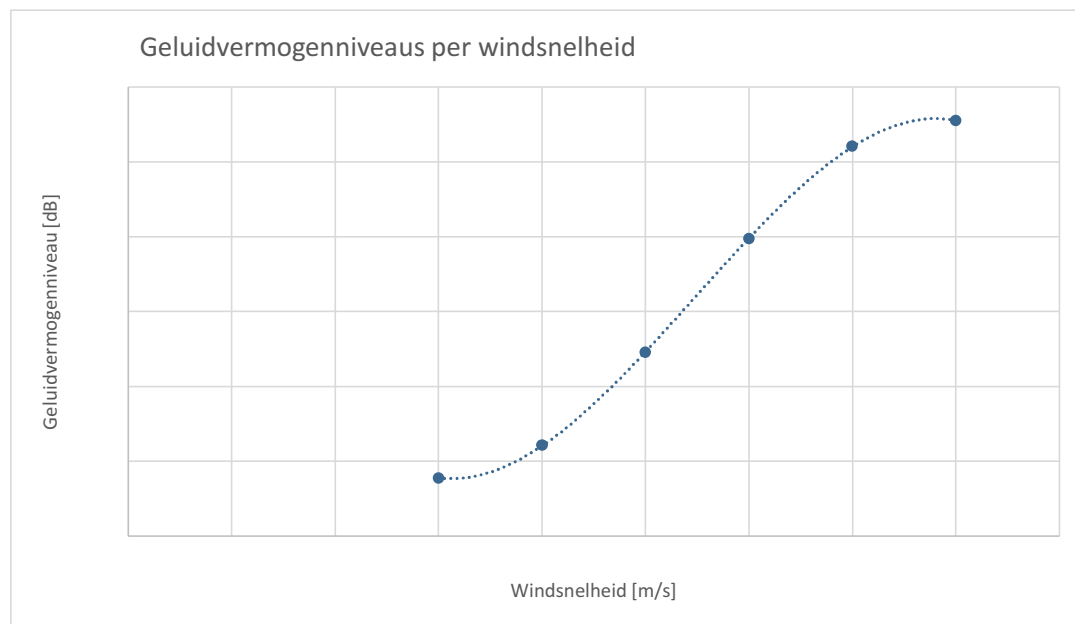
Derdegraads polynomen per octaafband





Totaal	

Totaal	



## Bijlage 4 Jaargemiddelde winddistributie meetlocatie

[illegible]



Uitwerking maatgevende windsnelheid en spectrale verdeling

WT01

x 133371,5 m  
y 486336,4 m  
height 15 m

Haal data op

17:22:33

Windsnelheidsklasse	Dag	Avond	Nacht
1	2,96	2,134	2,335
2	5,702	5,2	6,65
3	8,774	9,813	12,079
4	11,939	15,215	16,121
5	13,506	15,862	15,786
6	13,82	14,242	12,439
7	12,206	11,196	9,73
8	9,961	8,462	7,52
9	7,273	5,903	5,685
10	5,034	4,167	4,084
11	3,313	2,973	2,668
12	2,173	1,878	1,967
13	1,393	1,304	1,237
14	0,877	0,756	0,792
15	0,514	0,461	0,506
16	0,245	0,175	0,195
17	0,153	0,126	0,105
18	0,073	0,063	0,062
19	0,054	0,024	0,026
20	0,018	0,012	0,008
21	0,01	0,017	0,008
22	0,007	0,01	0,001
23	0	0,001	0
24	0,001	0	0
25	0	0	0

Transponeren

Via formule (transponeren)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2,960	5,702	8,774	11,939	13,506	13,820	12,206	9,961	7,273	5,034	3,313	2,173	1,393	0,877	0,514	0,245	0,153	0,073	0,054	0,018	0,010	0,007	0,000	0,001	0,000
2,134	5,200	9,813	15,215	15,862	14,242	11,196	8,462	5,903	4,167	2,973	1,878	1,304	0,756	0,461	0,175	0,126	0,063	0,024	0,012	0,017	0,010	0,001	0,000	0,000
2,335	6,650	12,079	16,121	15,786	12,439	9,730	7,520	5,685	4,084	2,668	1,967	1,237	0,792	0,506	0,195	0,105	0,062	0,026	0,008	0,008	0,001	0,000	0,000	0,000

## Uitwerking maatgevende windsnelheid en spectrale verdeling WT01

**Bijlage 1.3**

ashoogte  
15

15

DAG	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	tot
v op ashoogte																								
lwr dB(A) bij v	82,8	83,2	84,5	86,0	87,2	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	
% op ashoogte	8,774	11,939	13,506	13,82	12,206	9,961	7,273	5,034	3,313	2,173	1,393	0,877	0,514	0,245	0,153	0,073	0,054	0,018	0,01	0,007	0	0,001	0	
i.e.v	72,2	74,0		77,4	78,1	77,5	76,2	74,6	72,8	70,9	69,0	67,0	64,7	61,4	59,4	56,2	54,9	50,1	47,6	46,0	0,0	3,061	0	85,7

78,1

**AVOND**

VOND	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	tot
v op ashoogte																								
Lwr dB(A) bij v	82,8	83,2	84,5	86,0	87,2	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	
% op ashoogte	9,813	15,215	15,862	14,242	11,196	8,462	5,903	4,167	2,973	1,878	1,304	0,756	0,461	0,175	0,126	0,063	0,024	0,012	0,017	0,01	0,001	0	0	
Le,v	72,7	75,0	77,5	77,7	77,7	76,8	75,3	73,7	72,3	70,3	68,7	66,3	64,2	62,0	58,6	55,5	51,4	48,3	49,9	47,6	37,6	0,0	0	85,6

77,7

**NACHT**

NACHT																									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	tot	
v op ashoogte																									
Lwr dB(A) bij v	82,8	83,2	84,5	86,0	87,2	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	
% op ashoogte	12,079	16,121	15,786	12,439	9,73	7,52	5,685	4,084	2,668	1,967	1,237	0,792	0,506	0,195	0,105	0,062	0,026	0,008	0,008	0,001	0	0	0	0	
Le,v	73,6	75,3	76,4	78,6	77,1	76,3	75,1	73,7	71,8	70,5	68,5	66,5	60,6	60,5	57,8	55,5	51,7	46,6	46,6	37,6	0,0	0,0	0,0	85,3	

77,1

Le	Le berekend			Le model		
	dag	avond	nacht	dag	avond	nacht
Leden,bijdrage	85,7	85,6	85,3	66,1	65,6	65,4
<b>90,6</b>	82,7	82,8	<b>90,6</b>	63,0	62,8	70,7

spectrale verdeling bij maatgevende windsnelheid

m/s	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	tot
7	57,60	67,10	73,94	79,52	80,98	81,26	79,13	77,56	69,10	87,2
	-29,61	-20,11	-13,27	-7,69	-6,23	-5,95	-8,08	-9,65	-18,11	

Uitwerking maatgevende windsnelheid en spectrale verdeling

WT02

x 133387,6 m  
y 486319,1 m  
height 15 m

Haal data op

17:30:07

Windsnelheidsklasse	Dag	Avond	Nacht
1	2,967	2,139	2,34
2	5,71	5,213	6,664
3	8,785	9,831	12,096
4	11,95	15,229	16,134
5	13,514	15,861	15,779
6	13,816	14,237	12,437
7	12,201	11,189	9,725
8	9,952	8,45	7,509
9	7,266	5,898	5,676
10	5,027	4,16	4,077
11	3,308	2,967	2,664
12	2,17	1,874	1,964
13	1,39	1,302	1,235
14	0,876	0,756	0,791
15	0,513	0,46	0,505
16	0,245	0,175	0,195
17	0,153	0,125	0,105
18	0,072	0,063	0,062
19	0,054	0,024	0,026
20	0,019	0,012	0,008
21	0,01	0,017	0,008
22	0,007	0,01	0,001
23	0	0,001	0
24	0,001	0	0
25	0	0	0

Transponeren

Via formule (transponeren)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2,967	5,710	8,785	11,950	13,514	13,816	12,201	9,952	7,266	5,027	3,308	2,170	1,390	0,876	0,513	0,245	0,153	0,072	0,054	0,019	0,010	0,007	0,000	0,001	0,000
2,139	5,213	9,831	15,229	15,861	14,237	11,189	8,450	5,898	4,160	2,967	1,874	1,302	0,756	0,460	0,175	0,125	0,063	0,024	0,012	0,017	0,010	0,001	0,000	0,000
2,340	6,664	12,096	16,134	15,779	12,437	9,725	7,509	5,676	4,077	2,664	1,964	1,235	0,791	0,505	0,195	0,105	0,062	0,026	0,008	0,008	0,001	0,000	0,000	0,000

## Uitwerking maatgevende windsnelheid en spectrale verdeling

### WT02

**Bijlage 1.3**

ashoogte  
15

15

v op ashoogte	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	tot
lwr dB(A) bij v	82,8	83,2	84,5	86,0	87,2	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	
% op ashoogte	8,785	11,195	13,514	13,816	12,201	9,952	7,266	5,027	3,308	2,17	1,39	0,876	0,513	0,245	0,153	0,072	0,054	0,019	0,01	0,007	0	0,001	0	
l <sub>e,v</sub>	72,2	74,0	75,8	77,4	78,1	77,5	76,2	74,6	72,7	70,9	69,0	67,0	64,7	61,4	59,4	56,1	54,9	50,3	47,6	46,0	0,0	37,6	0	85,7

78,1

**AVOND**

v op ashoogte	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25 tot
Lwr dB(A) bij v	82,8	83,2	84,5	86,0	87,2	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6
% op ashoogte	9,831	15,229	15,861	14,237	11,189	8,45	5,898	4,16	2,967	1,874	1,302	0,756	0,46	0,175	0,125	0,063	0,024	0,012	0,017	0,01	0,001	0	0
L <sub>e,v</sub>	72,7	75,0	76,5	77,2	77,3	76,8	75,3	73,7	72,3	70,3	68,7	66,3	64,2	60,0	58,5	55,5	51,4	48,3	49,9	47,6	37,6	0,0	85,6

77,7

NACHT

Op ashoogte	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25/tot
Lwr dB(A) bij v	82,8	83,2	84,5	86,0	87,2	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6
% op ashoogte	12,09%	16,13%	15,79%	12,437	9,725	7,509	5,676	4,077	2,664	1,964	1,235	0,791	0,505	0,195	0,105	0,062	0,026	0,008	0,008	0,001	0	0	0
L <sub>eq</sub> v	73,6	75,3	77,1	76,9	77,1	76,3	75,1	73,7	71,8	70,5	68,5	66,5	64,6	60,5	57,5	55,5	51,7	46,6	46,6	37,6	0,0	0,0	85,3

77,1

Le	Le berekend			Le model		
	dag	avond	nacht	dag	avond	nacht
Leden,bijdrage	85,7	85,6	85,3	66,0	65,6	65,4
90,6	82,7	82,8	90,6	63,0	62,8	70,7

spectrale verdeling bij maatgevende windsnelheid

m/s		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	tot
7		57,60	67,10	73,94	79,52	80,98	81,26	79,13	77,56	69,10	87,2
		-29,61	-20,11	-13,27	-7,69	-6,23	-5,95	-8,08	-9,65	-18,11	

## Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaiveld	Hdef.	Vin [m/s]	Vout [m/s]	Bodem	r	Type	PROFIEL (D)_1
WT02	BW10	133387,60	486319,09	15,00	0,00	Relatief	3	25	Ijs, open water, meren	0,001	Emissie (Lw voor Vhub)	3,0
WT01	BW10	133371,49	486336,42	15,00	0,00	Relatief	3	25	Ijs, open water, meren	0,001	Emissie (Lw voor Vhub)	3,0

# Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	PROFIEL (D)_2	PROFIEL (D)_3	PROFIEL (D)_4	PROFIEL (D)_5	PROFIEL (D)_6	PROFIEL (D)_7	PROFIEL (D)_8	PROFIEL (D)_9	PROFIEL (D)_10	PROFIEL (D)_11	PROFIEL (D)_12
WT02	5,7	8,8	12,0	13,5	13,8	12,2	9,9	7,3	5,0	3,3	2,2
WT01	5,7	8,8	11,9	13,5	13,8	12,2	10,0	7,3	5,0	3,3	2,2

## Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	PROFIEL (D)_13	PROFIEL (D)_14	PROFIEL (D)_15	PROFIEL (D)_16	PROFIEL (D)_17	PROFIEL (D)_18	PROFIEL (D)_19	PROFIEL (D)_20	PROFIEL (D)_21	PROFIEL (D)_22
WT02	1,4	0,9	0,5	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
WT01	1,4	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0

# Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	PROFIEL (D)_23	PROFIEL (D)_24	PROFIEL (D)_25	PROFIEL (A)_1	PROFIEL (A)_2	PROFIEL (A)_3	PROFIEL (A)_4	PROFIEL (A)_5	PROFIEL (A)_6	PROFIEL (A)_7	PROFIEL (A)_8
WT02	0,0	0,0	0,0	2,1	5,2	9,8	15,2	15,9	14,2	11,2	8,4
WT01	0,0	0,0	0,0	2,1	5,2	9,8	15,2	15,9	14,2	11,2	8,5



## Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	PROFIEL (A)_9	PROFIEL (A)_10	PROFIEL (A)_11	PROFIEL (A)_12	PROFIEL (A)_13	PROFIEL (A)_14	PROFIEL (A)_15	PROFIEL (A)_16	PROFIEL (A)_17	PROFIEL (A)_18
WT02	5,9	4,2	3,0	1,9	1,3	0,8	0,5	0,2	0,1	0,1
WT01	5,9	4,2	3,0	1,9	1,3	0,8	0,5	0,2	0,1	0,1

# Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	PROFIEL (A)_19	PROFIEL (A)_20	PROFIEL (A)_21	PROFIEL (A)_22	PROFIEL (A)_23	PROFIEL (A)_24	PROFIEL (A)_25	PROFIEL (N)_1	PROFIEL (N)_2	PROFIEL (N)_3	PROFIEL (N)_4
WT02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	6,7	12,1	16,1
WT01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	6,7	12,1	16,1

# Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	PROFIEL (N)_5	PROFIEL (N)_6	PROFIEL (N)_7	PROFIEL (N)_8	PROFIEL (N)_9	PROFIEL (N)_10	PROFIEL (N)_11	PROFIEL (N)_12	PROFIEL (N)_13	PROFIEL (N)_14	PROFIEL (N)_15
WT02	15,8	12,4	9,7	7,5	5,7	4,1	2,7	2,0	1,2	0,8	0,5
WT01	15,8	12,4	9,7	7,5	5,7	4,1	2,7	2,0	1,2	0,8	0,5

## Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	PROFIEL (N)_16	PROFIEL (N)_17	PROFIEL (N)_18	PROFIEL (N)_19	PROFIEL (N)_20	PROFIEL (N)_21	PROFIEL (N)_22	PROFIEL (N)_23	PROFIEL (N)_24	PROFIEL (N)_25
WT02	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
WT01	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	PROFIEL (P4)_1	PROFIEL (P4)_2	PROFIEL (P4)_3	PROFIEL (P4)_4	PROFIEL (P4)_5	PROFIEL (P4)_6	PROFIEL (P4)_7	PROFIEL (P4)_8	PROFIEL (P4)_9	PROFIEL (P4)_10
WT02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
WT01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	PROFIEL (P4)_11	PROFIEL (P4)_12	PROFIEL (P4)_13	PROFIEL (P4)_14	PROFIEL (P4)_15	PROFIEL (P4)_16	PROFIEL (P4)_17	PROFIEL (P4)_18	PROFIEL (P4)_19	PROFIEL (P4)_20
WT02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
WT01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus  
invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	PROFIEL (P4)_21	PROFIEL (P4)_22	PROFIEL (P4)_23	PROFIEL (P4)_24	PROFIEL (P4)_25	Hdistr	Lw_1	Lw_2	Lw_3	Lw_4	Lw_5	Lw_6	Lw_7	Lw_8	Lw_9
WT02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,00	-200,00	-200,00	82,80	83,20	84,50	86,00	87,20	87,60	87,60
WT01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,00	-200,00	-200,00	82,80	83,20	84,50	86,00	87,20	87,60	87,60

Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus  
invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	Lw_10	Lw_11	Lw_12	Lw_13	Lw_14	Lw_15	Lw_16	Lw_17	Lw_18	Lw_19	Lw_20	Lw_21	Lw_22	Lw_23	Lw_24	Lw_25	RefSp 31	RefSp 63
WT02	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	-29,61	-20,11
WT01	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60	-29,61	-20,11



## Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	RefSp 125	RefSp 250	RefSp 500	RefSp 1k	RefSp 2k	RefSp 4k	RefSp 8k	LE (D) 31	LE (D) 63	LE (D) 125	LE (D) 250	LE (D) 500	LE (D) 1k	LE (D) 2k	LE (D) 4k
WT02	-13,27	-7,69	-6,23	-5,95	-8,08	-9,65	-18,11	56,16	65,66	72,50	78,08	79,54	79,82	77,69	76,12
WT01	-13,27	-7,69	-6,23	-5,95	-8,08	-9,65	-18,11	56,18	65,68	72,52	78,10	79,56	79,84	77,71	76,14

## Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	LE (D) 8k	LE (A) 31	LE (A) 63	LE (A) 125	LE (A) 250	LE (A) 500	LE (A) 1k	LE (A) 2k	LE (A) 4k	LE (A) 8k	LE (N) 31	LE (N) 63	LE (N) 125	LE (N) 250	LE (N) 500
WT02	67,66	55,97	65,47	72,31	77,89	79,35	79,63	77,50	75,93	67,47	55,77	65,27	72,11	77,69	79,15
WT01	67,68	55,99	65,49	72,33	77,91	79,37	79,65	77,52	75,95	67,49	55,77	65,27	72,11	77,69	79,15

## Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Windturbines, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	LE (N) 1k	LE (N) 2k	LE (N) 4k	LE (N) 8k	LE (P4) 31	LE (P4) 63	LE (P4) 125	LE (P4) 250	LE (P4) 500	LE (P4) 1k	LE (P4) 2k	LE (P4) 4k	LE (P4) 8k
WT02	79,43	77,30	75,73	67,27	--	--	--	--	--	--	--	--	--
WT01	79,43	77,30	75,73	67,27	--	--	--	--	--	--	--	--	--

# Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Bodemgebieden, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	Omschr.	Bf
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	bomen en struiken	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	bomen en struiken	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	bomen en struiken	1,00
	bomen en struiken	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	bomen en struiken	1,00
	bomen en struiken	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	gras	1,00
	struiken	1,00
	gras	1,00
	bomen en struiken	1,00
	gras	1,00
	bomen en struiken	1,00
	groenvoorziening	1,00
	groenvoorziening	1,00
	groenvoorziening	1,00
	groenvoorziening	1,00
	groenvoorziening	1,00
	groenvoorziening	1,00
	groenvoorziening	1,00
	groenvoorziening	1,00
	groenvoorziening	1,00
	groenvoorziening	1,00
	groenvoorziening	1,00
	groenvoorziening	1,00
	groenvoorziening	1,00
	groenvoorziening	1,00

Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus  
invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Gebouwen, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	Omschr.	Hoogte	Maaiveld	Hdef.	Functie	Gebouwtype	BAG-id	Gemeente	Jaar	AHN-jaar	Trust	Cp	Refl. 31	Refl. 63
2866	Geen verblijfsobject	3,00	0,00	Relatief		Geen woning	0424100000006029		1970	0	50	0 dB	0,80	0,80
2867	Fortwoning Pampus 3 Muiden	4,40	0,00	Relatief	bijeenkomstfunctie	Geen woning	0424100000005334		1991	0	90	0 dB	0,80	0,80
2868	Fortwoning Pampus 1 Muiden	6,80	0,00	Relatief	woonfunctie	Enkele woning	0424100000005333		1990	0	90	0 dB	0,80	0,80
		3,00	0,00	Relatief					0	0	0	2 dB	0,80	0,80

## Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Gebouwen, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	Refl. 125	Refl. 250	Refl. 500	Refl. 1k	Refl. 2k	Refl. 4k	Refl. 8k
2866	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
2867	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
2868	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

## Akoestisch onderzoek windturbines Forteiland Pampus invoergegevens

0465957.113  
bijlage 2

Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
Groep: (hoofdgroep)  
Lijst van Toetspunten, voor rekenmethode Industrielawaai - Windturbine

Naam	Omschr.	Maaiveld	Hdef.	Hoogte A	Hoogte B	Hoogte C	Hoogte D	Hoogte E	Hoogte F	Gevel
001	Fortwoning Pampus 1	0,00	Relatief	1,50	5,00	--	--	--	--	Ja
002	Ijburg 2e fase - Strandeiland	0,00	Relatief	1,50	5,00	--	--	--	--	Nee

## Resultaten

bijlage 3.1

Rapport: Resultatentabel  
Model: Lden en Lnight windturbine Pampus  
L<sub>Aeq</sub> totaalresultaten voor toetspunten  
Groep: (hoofdgroep)  
Groepsreductie: Ja

Naam									
Toetspunt	Omschrijving	X	Y	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Lden	
001_A	Fortwoning Pampus 1	133289,76	486340,99	1,50	39,3	39,1	38,9	45,3	
001_B	Fortwoning Pampus 1	133289,76	486340,99	5,00	39,4	39,2	39,0	45,5	
002_A	Ijburg 2e fase - Strandeiland	131135,57	485732,76	1,50	3,4	3,2	3,0	9,4	
002_B	Ijburg 2e fase - Strandeiland	131135,57	485732,76	5,00	3,3	3,2	2,9	9,4	

Alle getoonde dB-waarden zijn A-gewogen



